

二化螟虫の生育機構と発生予察の理論*

深 谷 昌 次

1. 緒 言 近年二化螟虫の発生予察に関する研究が進展し各方面に於てその実際的な成果を収めていることは悦ばしいが、従来提出された発生予察の方式に必しも一貫性が認められない事實は、重視されなければならない。多くの場合発生予察の方式は虫と環境条件との單純なる相関々係に於て求められたが著者はこの方法を採用する場合予め考察して置かねばならない二つの重要な契機が存在することを特に強調したい。その一は螟虫の生理、生態に見られる地域性或は固定的（ある程度といつた方がよい場合もある）な内的傾向であり他の一はその複雑な生理的経過の中に見られる自律性である。

現在螟虫が地域的に見て異なる特性を有することが次第に明かにされて來たが、極端な場合には系統或は生態型を分けて考えた方が都合のよい場合もある。併し實際問題としてある地方の螟虫が他地方のものと本質的に異なるかどうかを正確に知ることが環境がその遺傳性をどの程度規制するかということにも関連して極めて困難な事なのである。家蚕では卵の催育条件が次代卵の越年、不越年性を規制することになるが、諸星博士(1949)によれば環境の影響は F , F_2 に迄及ぶことがあるというから、同じ鱗翅目に属する螟虫にあつてもそうしたことが当然予想されるのである。従つて環境か遺傳かの問題はなかなか輕々には論ぜられない。

昆虫の生理、生態的経過は單に環境条件の函数として表示され勝であり、従つてまた、発生予察方式の樹立に際してもこの考え方がその根本を貫いていることは争えない事實である。併し昆虫の生理的経過は決して單純なものではなく、段階的に経過する複雑なる諸相の統一的発展過程として認識されなければならない。しかもその過程を通して自律的な法則性の存在することを知らねばならない。即ち家蚕に於ては主として渡辺、木暮、諸星の諸博士によつて究められた化性の問題、或は早くは梅谷博士により

提唱され、最近諸星博士によつて發展させられた幼虫に於ける生理的2段階説、或は優性化説等が出るに及んで昆虫の發育機構に関する知見はここに全くその面貌を一新するに至つた。

ひるがえつて螟虫の生理的経過を考察して見ると遺憾ながらその発生を予察するに足る基礎的資料に欠くのであつて、今後この方面の知識が充分蓄積されない限り完璧な発生予察方式の確立は覺束ないのである。ある環境に於ける單一条件と螟虫の発生との間に極めて高い相関々係が見られるということがあれば、螟虫の生理を支配する主因がその条件の中にあるらしいとの示唆は得られるが、併しそこから決定的な原因を掘り出すことは出来ない。矢張環境と生理との関係が實驗的に明示されてここに初めてその眞因が明るみに出されるのである。

著者は螟虫に関する實驗的研究を基礎としてここに発生予察の理論を概述し諸賢の御批判を仰ぎ度いと思う。

2. 生態型 本邦内に分布する二化螟虫を全体的に眺めると地方的に、その生理、生態的特性が相当深刻に分化して互に系統を異にするものと目せられるものがある。又一方比較的接近して分布していながら、生態的環境に應じ互に異なる性質の分化を示すものがある。著者の考えでは前者は生態型を異にするものとし、又、後者は現在の所單に異なる地方型として取扱うのが便宜であると思う。

生態型(ecotype)という語は Turesson(1922)が創始したものであつて“特定のhabitatに対する生態種の因子型的反應によつて出來上つた一つの生態的な群の單位である”と定義されるが、著者はそれを“多かれ少かれ遺傳的な特性を有し、habitatに対して分化している生物群”という意味で生態型を理解し度い。多かれ少かれというも莫然とした感じを抱かせるが、少くとも現在の段階では昆虫の化性とか、

経過日数のような計量的形質の遺傳性はなかなか把握することが困難であり且つそれは因子型のみによつて支配されるとも思われず又 after effect (環境による影響の後働き現象)との区別も困難であるから、あえてこうした言葉を使用して見たのである。

さて生態型を異にする螟虫として著者は囊に庄内系統と西國系統とを挙げたが(深谷, 1948 a), この両者は發育速度を異にする点で顯著に相違する(第1~2表参照)。

第1表 第1化期幼虫期間

材料原産地	幼虫孵化月日	平均気温(C°)	供試虫數	幼虫期間(日)
黃金(庄内系)	20.Ⅶ.48	26.0	38	29.8±0.8
倉敷(西國系)	29.Ⅶ.48	27.6	7	40.3±1.9
"	25.Ⅶ.47	26.5	9	45.0±2.6

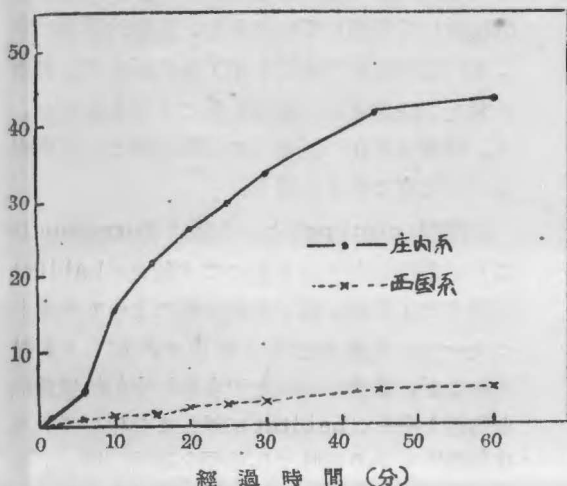
第2表 第2化期幼虫期間

材料原産地	幼虫孵化月日	平均気温(C°)	供試虫數	孵化率(%)	幼虫期間	休眠率(%)
黃金(庄内系)	27.Ⅶ.'48	28.9	28	32.1	17.6±0.6	25.0
倉敷(西國系)	25.Ⅶ.'48	—	30	0	—	70.0

又2化期幼虫の休眠離脱期が庄内系統では早い。更に秋期に於ける幼虫の移動性を見ても庄内系統のものは西國系統のものに較べて著しく強いことが判る(第1図)。

庄内系統の材料を倉敷に移し一夏飼育し・F₂

第1図 幼虫の移動性(13.0°C)



備考: 幼虫50頭が一定時間内に一定の個所から移動する實數を縦軸にとる

の翌年に於ける蛹化期日を調べて見るとそれは西國系統のものに比較して著しく早くなっていることが判る(第3表)。

第3表 越冬幼虫の蛹化期(1949)

材料原産地	蛹化數	平均蛹化月日
倉敷	58	6月20.7日±0.9日
黃金	33	5月22.5日±0.6日
黃金(倉敷で飼育第3化幼虫)	20	5月26.8日±0.7日

即ち F₂ になつてもその固有の發育速度は維持されていると見られる。

螟虫には小範圍の地域内例えば中國地方とか岡山縣といつた小地域内に於てもその生態を異にする幾つかのグループが即ち地方型が存在する。それは中國地方を例にとつて見れば1化期に於ける南部の晩期発蛾性と北部冷涼地の早期

発蛾性とである。一般的通念からいえば冷涼地では発蛾が遅れ暖地では促進されなければならないのであるが事實は正にその逆である。そこでこのような現象が両地方に分布する螟虫の遺傳的な特性に由來するものであるか或はまた單なる環境の after effect であるかを検討して見なければならない。休眠中の昆虫がある期間一定の低温に接触すると休眠離脱期が促進されるという事實があるので、冷涼地の冬季に於ける低温接触ということが直に問題となるが、著者が倉敷(暖地)産の螟虫を1月以降岡山縣北部の冷涼地に移してその羽化期を観察した処では環境交換によるこうした予想は当らなかつた。否それ処か、暖地のものを冷涼地に移せばその発蛾期は益々遅れその逆をすれば発蛾期はかえつて促進されるのである(第4表参照)。

それでは生育期の環境が羽化期に影響を与えるのではあるまいかとの疑問が生じる。そこで矢張冷涼地たる加茂の第2化期幼虫を倉敷で飼育してその経過を見たのであるが、翌

第 4 表 越冬幼虫の環境交換と羽化期日 (1945~1946)

供試虫數	滞 留 地	滞 留 期 間	平均羽化月日	羽 化 數	羽化率(%)
84	下 湯 原*	9.I 以降	7月12.3日±1.2日	16	19.1
84	下 湯 原 倉 敷	9.I~6.IV 6.IV以降	7月 4.7日±1.2日	34	41.7
159	明 ケ 原**	9.I 以降	7月11.3日±0.6日	41	27.3
159	明 ケ 原 倉 敷	9.I~6.IV 6.IV~以降	7月 3.0日±1.3日	51	29.6
200	倉 敷	30.XII以降***	6月29.5日±0.9日	72	35.0

備考：* 冷涼2化地， ** 冷涼1化地， *** 室内，湿度 90%

第 5 表 2化期幼虫の環境交換と蛾の発現期日 (1946~1947)

材 料 原 産 地	飼 育 條 件	羽 化 數	平均羽化月日
倉 敷	—	48	7月 2.9日±0.9日
加 茂	7. XI 以 降 倉 敷	42	6月17.9日±1.8日
加 茂 → 倉 敷	5. IX 以 降 倉 敷	29	6月16.2日±1.7日
倉 敷 → 加 茂 → 倉 敷	6. IX ~ 7. XI 加 茂 7. XI 以 降 倉 敷	4	7月11.5日

春に於ける発蛾期日は第5表に示される如く特に晩化することはなかつた。

以上の成績は未だ充分なものでないが、地域的に見られる1化期発蛾性の早晩は少くとも2化期幼虫の孵化後に於ける環境条件によつて大きく左右されるものとは思われないのである。そこで問題は最初述べたように二つに分けて考えなければならない。即ち地方型は多少とも遺傳的に分化しているものかどうかということ（この場合は生態型の範疇に入るものと考えて差支えない）、ある世代に於ける特性がその前代の異なる環境的影響を受けているため互に型を異にして見えるということである。併し現在の処問題は何れであるか判然としていない。唯ここで断言出来ることは、ここにいう地方型が單にその代だけの環境的影響によつてのみ定まるものでないということだけである。

生態型がいかにして分化したかということは興味ある問題であり、最近岡英人氏(1949)は植物に於ける生態型分化に関し Turesson の系統をひく学者の見解を發表しているが、著者は Dobzhansky (1933) が昆虫の地理的變異分化の要因として挙げた3つの場合をそのまま生態型の分化に適用出来ると考える。それは

1) Homogeneous population がある地方に移ることによつて全体的な生態型に分化する。

2) 突然變異によつて色々な biotype が出来る。

3) 高度雜種性の分離現象。

Turesson 等は 3) 高度雜種性の分離としてのみ生態型の成立を考えているようである。即ち“原始中心からあらゆる方向に個体群が移動する場合、それ等が横断した氣候帯に反應して、その biotype の組成が連続的に變化するため biotype の持つ遺傳子ストックが漸次減少して行く、その結果種の分布地域の周囲に於て異つた biotype 構成を生ずるに至る”(岡英人、1949) というのがその見解である。

3. 生育機構 昆虫が卵より幼虫、蛹を経て成虫に至る過程を見ると栄養的に大きくなる相と性的に發展する相との2相を分けることが出来る。著者はこの2相の統一的表現として生育(生長 growth と發育 development)という言葉を使用し度いと思ふ。

二化螟虫は普通年に2世代を繰返すことになつてゐるが、第1化期と第2化期とはその生育の様相が相当異つてゐるのである。春川博士

(1931)によれば第1化期の卵期間は29.5°Cで6.5日であるに反し、第2化期では29.0°Cで3.5日であつたという。同博士の成績では総じて第2化期の卵期間は第1化期のそれに比較すると短くなつている。

又一方第1化期の卵では低温(15~20°C)に会つても自然状態下では孵化幼虫の中から休眠虫を出すことは稀であるが、第2化期の卵では27°C以下の低温に会うと休眠虫を出すのが原則である(深谷、1948b)。尚低温の影響は卵の後半になる程著しい(深谷、1949b)。

次に幼虫期間を見ると、第1化期では30~50日、第2化期では長い休眠期をさしはさむから250日以上にも及ぶ。併し第2化期卵を30°Cの高温で処理したり、幼虫を長日条件下で飼育すると不休眠虫が現れて来る。この不休眠虫は30°Cで幼虫期間平均21~23日を示し、3回脱皮で蛹化するものが多いのであるが、第1化期の幼虫では蛹化するのに早くても30日を要し、而も脱皮回数は5~7回が普通である。このような螟虫の1化期及び2化期に見られる卵期間、幼虫期間の相違は勿論單なる積算温度の理論で説明されるべき性質のものではない。

ここで両化期に於ける環境条件を比較して見ると第1化期の場合環境温度は上昇しつつあり日長は1年中で一番長い時期に相当している。2化期では逆に温度は下降状態であり、日長も短くなりつつある。食餌食物も両者では大いに異なる。第2化期に於ても日長を長くすることによつて(或は三宅氏のいわれる如く夜長を問題とすべきかも知れない)不休眠虫を出すことが出来るという事実から或は1化期の日長が螟虫の2化性化を誘起する重要な契機であるかも知れないがこの問題の解決には更に実験を必要とする。尚これに関連して環境の after effect ということを一應考えて置く必要がある。即ちそれは親に仿いた環境の影響が子に現れるという現象であつて、家蚕では早くから研究もされまたその理論は實際にも廣く應用されている。二化螟虫では未だこの方面の研究は白紙の状態であるから、あまり立入つたことは出来ないが併し、冬季或は春季に越冬幼虫に作用した低温の影響が次代卵或は幼虫即ち第1化期卵或は幼

虫の生育速度に及ぶことはないであらうか。こうしたことが若しあるとすれば1化期と2化期に見られる生育相の相違も説明されるかも知れないし、亦發生学上極めて重要な問題を提起することになるのであつて、著者は目下この方面の研究を發展させている。

螟虫の生育機構は家蚕のそれに比較すれば殆ど判つていないといつてもよいのであるが、著者が実験した範囲内では、両者に共通の生理的法則といったものがあるよう思われる。家蚕に於ては3令期を境界とする生理的段階があるといわれるが、二化螟虫にもそれがあるようである。螟虫が5令を經過して蛹化する場合3令期に於ける死亡率が特に低いとか、或は第2化期幼虫の休眠的徴候が3令期以降に現れるとかいう事実がそれである(深谷、1948b; 1949d)。従つて同じ環境条件でも幼虫期の前後では全く異つた生理的効果を現わすことが予想される。

尚又雌雄に於ける生育速度が、幼虫期と蛹期とでは全く逆になるという事実も興味深い(第6表参照)。

第 6 表
31°C 下に於ける幼虫期間及び蛹期間

性 別	個 体 数	幼虫期間(日)	蛹期間(日)
♂	31	18.9±0.7	6.9±0.2
♀	33	23.9±0.6	6.4±0.2

最後に休眠の問題に触れて見よう。一般には冬季の休眠と越冬体制とが混同され勝であるが、この両者は區別さるべき生理的現象である。休眠は既述したように卵期の条件によつても誘起されるが、又幼虫期に於ける低温接触も休眠誘発の原因となる。幼虫がいかなる機構の下に休眠するかということは未だ判然としていないが、著者はそれが内分泌腺、例えば前胸腺(prothoracic gland)の activity に由來するのではないかと考えている。

一体脱皮とか蛹化という現象は corpora allata とか前胸腺という内分泌腺の分泌ホルモンによつて誘発されるものと考えられているが、昆虫が一定の令期を経て蛹化するという事はこの両者の調和によつて遂行される生理的機能の一つであつて、何れか一方が不調を呈すると

脱皮回数が非常に多くなつたり、或は若令で蛹化するものを生ずるに至る。corpora allata は變態抑制ホルモンを又前胸腺は變態ホルモンを分泌するといわれるが、幼虫休眠の條件としては特に後者の不活性化ということが重要なのではあるまいか。

著者は、庄内系統の螟虫を冬季ある期間25°Cに接触し、1日室温に放置後-10.2°Cの低温に1時間接触、再び1日室内に置いてから高温に戻すという操作を行つてその影響を見たが、その成績は第7表に示される通りである。

第 7 表

高温—低温—高温接触が蛹化に及ぼす影響
(1948)

低温処理前に於ける高温 (25°C) 接觸期間	供試虫數	蛹化率 (%)	蛹化前期間 (日)
28~19. I	16	56.3	13.6±0.9
16~19. I	16	43.8	41.4±2.0
14~19. I	16	37.5	45.2±1.5
12~19. I	20	20.0	43.8±1.9
標準 (低温処理前は室温下)	18	77.8	12.9±0.9

この表から明かなように高温接触1日では低温接触の影響もそんなに大きく現れないが、高温下に3日間置いてから低温に接触すると蛹化前期間は著しく延長することが判つた。これは低温による内分泌機構の障害と解釈されないであらうか。

第1化期の発蛾期を予察するためには、幼虫の休眠覚醒期を知る必要があるが、從來の研究結果によれば、西國系統でそれは大体2月頃と見てよいようである。庄内系統では前年10月末に於ても25°Cの定温下で早いものは2週間位で蛹化することが判つている。これは冬季その休眠の度合が極めて浅いか、或は10月下旬前既に休眠を離脱しているかの何れかである。

4. 螟虫の病理 年に数世代を繰返す昆虫が、ある時期になるとめつきりその数を減少する場合がある。例えばモンシロチョウの如きは4~5月の候年間に於ける最高の棲息密度を示すが7~8月になると急激に減少するのが常である。こうした population の變動は色々な環境條件例えば天敵との関係或は生理的に不適

な高温の影響等によつて一應説明されるが、螟虫の場合 population の變動とその病理との関係には特に深いものがあるように思われる。

越冬期幼虫の棲息密度が冬季の寒冷によつて減少することなくかえつて氣候が暖くなつてから激減することは春川博士 (1934)、著者 (1947 b, 1949d) の認めた処であるが、この斃死原因を調べて見るとそれが大部分白霉菌 *Botrytis basiana* Balsamo* の寄生によることが明かにされた。

白霉菌と環境條件との関係に就いては既に勝又氏 (1930) の研究がある。氏によればブイヨン中に於ける分生孢子の発芽適温、菌叢の發育適温は共に28~30°Cであり、分生孢子の形成も28~30°C位が適當であるという。

一方湿度との関係を見ると分生孢子の発芽は90%では行われなくても98.5%以上の高濕の條件を必要とするという。菌糸も80%以下になると發育が不良になり且つ分生孢子の形成も乾燥すれば早くなるが、その量は少く、矢張70%以上の湿度の時多くなるという。

以上の事實から白霉菌の繁殖條件は温度が28~30°Cで湿度は高い程よいということになるが、そうした條件は5~6月頃の自然状態下で見られる処であり、この頃の幼虫斃死率が異常に高いという事實によつても裏書きされる。

環境温度が30°C以上になり、且つ高濕の條件下では所謂軟化病が猖獗する。この軟化病と称せられるものは元來細菌性であるが他にウイルス性の所謂膿病の混在することもある。兎に角室内の飼育実験に於ても亦圃場觀察に於ても7~8月特に7月下旬から8月上旬にかけて氣温が35°C位に上昇する場合軟化病或は膿病の病徴を示して斃死するものを続出する。環境條件特に温度的環境抵抗と螟虫の生育との関係に就いては他に報告して置いたが (農学研究39 (1))、要するに異常な高温が螟虫の棲息密度を抑制する場合、それは螟虫の高温死を意味するものではなく、高温が先ず螟虫の生理的違和を惹起し次いで軟化病その他を發現させるという風に解釈すべきではないかと愚考している。

秋になつて環境温度30°C以下に低下して來ると再び白霉菌の勢力が大きくなるが、少くと

* 螟虫に寄生する菌は本種だと謂れて來たが目下郡是製糸の三谷氏の許で精査中である。

もそれは倉敷の環境下では初夏に見られる程のものではない。

5. 大発生機構 二化螟虫は少くとも日本の中部以西では例年相当の被害をもたらす稲の慢性的害虫であるが、大減収を招来するような所謂大発生というものは7年或は10年に1回見られる位のものである。

Zwölfer (1931) は昆虫の発生数の消長を次式によつて説明している。

$$Pq = P_1 \left(\frac{e \cdot f}{m + f} \right)^q \cdot \left(\left(1 - \frac{W}{100} \right) \cdot \left(1 - \frac{W'}{100} \right) \cdot \left(1 - \frac{W''}{100} \right) \cdots \left(1 - \frac{W^{q-1}}{100} \right) \right)$$

茲に P_1 は始めの虫数、 Pq は q 代後の虫数、 e は産卵数、 f は雌虫数、 m は雄虫数、 W, W', W'', \dots は各世代の環境抵抗により斃死するものの百分比である。

上記の式でいうと大発生の折には e, f, m が一定の場合 W が0に近すけばよい。ではこうしたことがいかにして起るかを解明するためには二つの出発点がある。その一つは昆虫の増殖力或は環境に対する抵抗力等が昆虫体内に於けるある種の生理的エネルギーの周期的消長によつて支配されるという考えであり、他はそれが専ら環境条件によつて影響されるという考え方である。前者に就いてはそれを証明する実験方法が今の処ないので唯そうしたこともあり得るだろうとの仮説に止る場合が多い。後者の場合は比較的判然としているようではあるが、環境条件による生理的影響が或る種の生理的エネルギーの形が蓄積され、その頂点に於て大発生を見ることがあれば、前者との区別は一寸つけ難いのではあるまいか。突発的大発生は別として、所謂漸進発生の場合、昆虫の産卵力とか成育の歩止り等（所謂 *biotic potential*）が次第に上昇し虫の *population* の増加を見ることがあるが（Voelkel, 1930）、こうした現象が果して気候的變化の周期性とマツチするものかどうか、尙今後の研究課題として残されている（Swinton, 1883; Kulagin, 1921; Simroth, 1908, 1909; Gasow, 1925; Engelhardt, 1929; 河野, 1938; Carpenter, 1940）。

さて二化螟虫の大発生機構に就いては未だ充分究明されていないが、次にここに数年来明か

にされたことを紹介することにする。圃場に於ける二化螟虫の発消長を見ると普通の年では第1化期、第2化期を通じてその卵期に於ける *population* が最大であり且つ成虫期のそれが最小である。彌富博士（1943）によれば二化螟虫の棲息数が平衡状態を保つためには産卵数の0.67%が生き残つて次の世代の繁殖に參與し得れば充分であるという。事実自然界では産下卵数の99%以上は成長して蛾になるまでに斃死してしまうのであるが、その斃死の原因をなすものが所謂環境抵抗なのである。1%以下の生育歩止りが何かの原因で5%或は10%ともなればこれは正しく大発生ということになるのであるが、一体こうしたことが何故めつたに起らないのであろうか。若しこの害虫の *vitality* が非常に低く理想的状態下に於ても生育の歩止りが著しく低いということになれば、大発生抑圧の原因を環境抵抗に求めなくてもよいのである。併し著者は試験管法による飼育試験をやつて見た結果最初の卵粒数の75%（最も成績のよい場合）を成虫にすることに成功したのであるが、こうなると矢張り卵、幼虫、蛹の各期を通じての斃死の主因は環境因子によるものと考えなければならぬ。そこで次に平常年に於ける環境抵抗なるものが、どんなものであるかに就いて考察して見よう。

先づ第1化期に於ける発蛾数を問題にして見るとこれは全国的に見て前年第2化期の発蛾との間に高い正の相関々係を示す場合が多い（河田福田, 1942; 石倉, 1947 b; 深谷, 1947 b）。この事実は前年第2化期から翌年第1化期にかけて約10ヶ月に亘る間の環境抵抗が比較的弱く螟虫を死に至らしめるような条件が起らないことを意味する反面、越冬期の幼虫が耐寒性を獲得し冬の寒氣に対して抵抗力を持つようになることを物語るのである。著者の調査によれば越冬の前後に於て虫の *population* にはあまり大きな變動が示されないのである。それではこの越冬期幼虫に対する最も大きな環境抵抗は何かということになるが、それは春川博士（1934）及び著者等の研究結果によれば、5月から6月にかけての寄生菌特に白殭菌の活動ということになるらしいのである。併し、東北地方のような冷涼な所で而も第1化期の羽化期が比較的早

い地方ではこの病菌に侵される幼虫は少いらしい。即ち1化期の発蛾前にこの菌の発育に好適と思われる高温、多濕的環境條件が生ずると多くの幼虫は斃れ、またそれがあまりはびこり得ない年とか地方ではそのために幼虫の population が大いに減少するということは先づないのではあるまいか。又白殭菌の蔓延は高温、高濕という環境の物理的要因に支配されるばかりではなく、蛹化間近い幼虫の生理的條件に関係があるようにも思われる。これを要するに第1化期の発蛾数は越冬幼虫の数と5、6月頃の寄生菌による死虫率とによつて大きく支配されると見てよいのであつて、寒烈なる冬の氣候は螟虫の population に大した影響を與えるものではない。以上の考察を基礎にすれば大体どんな場合に第1化期発蛾数が異常の高密度に達するかが判ると思う。

次に第1化期に於ける環境抵抗に就いて調べて見よう。ここで注目しなければならないことは全國的に見て第1化期の環境抵抗が常に非常に高いということである。

卵期に於ける環境抵抗中最大なるものは何といてもズイムシアカタマゴバチ、ズイムシクロタマゴバチ等の卵寄生蜂類であろう。螟卵に対するズイムシアカタマゴバチの寄生率は相当高いものであつて苗代末期には90%以上に達することがある。苗代期を通じての寄生率消長の1例を第2図に示して置いたが、勿論地方によりまた年によつてその勢力には強弱がある。ズイムシクロタマゴバチも全國的に分布しているが特に北陸及び山陰地方に多く見られるようである。

螟卵の大部分はこれ等卵寄生蜂によつて斃死を余儀なくされるわけであつて苗代末期には大体産下卵の10~40%位いが孵化して出るのはないかと思われる。併し卵寄生蜂の寄生率がいかに高くても産下される螟卵の絶対数が多いから、卵寄生蜂の活動だけで第1化期幼虫の被害

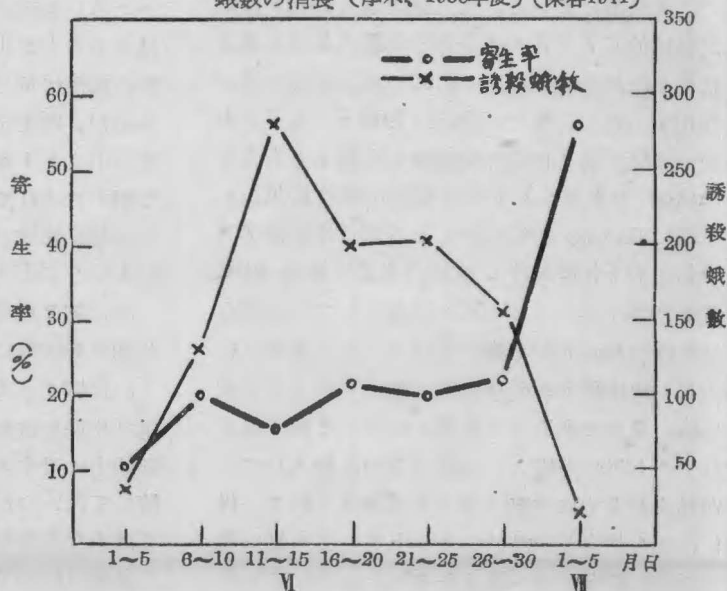
が減少することは先づないのではあるまいか。

尙ここで附言しなければならないことは、色々な原因で(恐らく前年第2化期の発蛾が遅れたため)年によつて越冬期幼虫が非常に弱少である場合がある。螟虫の体長と総卵数との間には $+0.752 \pm 0.030$ の高相関係が存在した体長と体重との間には $+0.853 \pm 0.020$ の相関があるから(栗林, 1929)、越冬期幼虫が特に小さい場合、1化期の産卵数も例年に較べて減少することは容易に想像される。これに反し幼虫が大きな場合卵数は増加するものと考えられる。

さて、孵化した幼虫は直に稻の葉鞘内に侵入しその柔組織を食害するのであるが、幼虫に対する環境抵抗には少くとも2つの面が考えられる。それは幼虫の食餌であり直接の環境となる稻がその発育に不適である場合と物理的環境條件例えば氣温(或は水温)が異常に高く直接或は間接に致死的な影響を齎す場合とである。

一般に第1化期の発蛾が遅れると幼虫による被害が大きいつていわれているが、それは幼虫が孵化して出た時既に幼虫を受け入れ得る状態になつてゐることを意味するのである。従つて発蛾が極端に早い場合にはいかに孵化幼虫数が多くても食草としての稻があまりにも貧弱であるために自滅してしまうわけである。一方氣象的條件と幼虫成育との関係を見るとこれは複雑でズイムシアカタマゴバチ寄生率と誘殺蛾数の消長(厚木、1938年度)(深谷1941)

第2図



あつて一言に竭すことは難いが、概して幼虫初期の高温的環境が幼虫密度を低下させる一つの大きな原因であるように思われる。この問題に就いて著者は目下研究を進めているので何れはつきりしたことが判ると思うがここに現在までに得られた知見を総合して紹介して見よう。

著者は幼虫の飼育試験を通じて各令期に於ける死亡率を調べて見た処が第8表に示される成績を得た。これによると幼虫の死亡率は1~2令期に於て非常に高いことが窺われる。

第8表 31°C下に於ける幼虫各令死亡率

供試虫数	死虫数	死亡率 (%)	各令別死亡率 (%)				
			1令	2令	3令	4令	5令
105	31	29.5	10.5	12.4	0.8	2.9	2.9

又実験的に高温の影響を調べて見ると、矢張若令期に斃死するものの多いことが判明した。春川博士 (1920, 1926) は圃場に湛水して螟虫を駆除しようとの目的から、気温或は水温と螟虫の斃死率との関係を調べられたが、特に温湯に浸漬される場合螟虫の斃死率が高くなることを示された。而して温湯浸漬に於ては令に應じての熱に対する抵抗力の差があまりはつきり認められないが、乾熱の場合には勿論初令のものの耐熱性は弱い。一方筒井氏は圃場に於ける水温と幼虫密度との関係を調べた結果、水温が著しく上昇する場合、幼虫密度が下る傾向のあることを見出している。又三島氏等 (1944) は奈良縣に於て7月3・4半旬平均最高気温と第2化期発蛾数との間には-0.92の高い相関係が存在することを報じ石倉氏 (1948 a) も7月中旬の気温が第2化期の発蛾数を支配する有力な factor であることをその統計的研究結果から結論している。一般に少くとも西日本では7月中旬から下旬にかけて水田の水温は最高 40°C 近くに達するから水面近くに食入している若令幼虫は当然致死的影响を受けるものと推察されるが、螟虫斃死の直接原因は既述したように軟化病の発生であろうと推測される。また水温がひどく上昇した場合、水際の茎内に侵入していた幼虫が上方に移動することも考えられる。併し、初令幼虫が一時的にせよ上方のより細い茎内或は葉上に追い込まれることは決してその

population 保持上好ましいことではないと考えられる。8月に入ると稻の茎葉が繁茂するから気温が上昇する割には水温が高くなりず従つて既に終令期に近い幼虫は影響されることが少いと考えなければならない。蛹期に於ける環境抵抗はそれ程大きなものではないから第2化期の発蛾数は先づ第1化期幼虫末期に於ける population と大差を示さないと見てよい。

さてここで第1化期幼虫の大発生がいかにして生ずるかを考えて見ると理論的には次のようなことになると思う。

1) 越冬期幼虫の死亡率が低いこと、2) 第1化期の発蛾が遅れ稻の本田移植後にその最盛期を見ること、3) 1雌の産卵数が多いこと、4) 卵寄生蜂の勢力が弱く且つ死卵の数が少いこと、5) 7月中旬の螟虫棲息部位に於ける環境温度があまり高くないこと。以上の諸條件が揃つた場合第1化期の幼虫は異常の高密度を示し、その被害も激甚を極めることになる。

過去に於ける二化螟虫大発生の記録の中で、1931年のそれは誠に稀有のものであつたが、春川博士 (1934) の研究によれば1930年の第2世代虫に於ける幼虫死亡率は異常に低く、第1化期発蛾が遅れ而も発蛾数は多く、7月10日以後月未までの気温が例年に比較して著しく低かつたという。7月の気温が低いということはまた第1化期後半の発蛾を遅延させることにもなるのでこうした面にも螟虫の発生に好適な條件を発見することが出来るのではあるまいか。尙この年の前後に於ける発生消長は明かに漸進発生であるが、寄生虫の消長を見るとその山が螟虫発生の山より1年遅れていることが同博士によつて明かにされている。従つて1932年1化期に於ける幼虫密度の激減に関しては寄生虫勢力の増加ということも考えられるわけである。

次に第2化期の場合を考察して見よう。第2化期の発蛾数は大体に於て第1化期の幼虫歩止りに比例するものであり、又第2化期幼虫数は第2化期発蛾数に比例する場合が多い。第2化期幼虫に対する環境抵抗は第1化期のそれに比較して低いのが一般であるが、その原因に就いては未だ充分なことは判つていない。併し、同じ品種の稻でも播種期の早いもの程、従つて充

分大きく育成した稲に於ける程螟虫の歩止りが良好であるという事実から押して、矢張り2化期に於ける稲の受容能力が1化期のそれに比較して大きいということが先づ第一に螟虫の発育にとって好都合なのではないかと思推される。又8月末に於ける気温が上昇して充分初期幼虫に致死の影響を與え得る限界に達してもこの頃稲は繁茂しているから螟虫の實際棲息している部位にあつては何等の悪影響を受けずにすむのではないかと考えられる。唯この場合、螟虫密度を下げる勢力としては寄生蜂類、蜘蛛類等の天敵を挙げることが出来るが、未だその役割は量的に把握されていない。

越冬期を通じて幼虫の密度がそれ程下らないことは既述したが、併し刈株内で越冬する場合と藁内で越冬する場合とでは多少趣を異にするのであつて、例えば1毛作濕田で而も株越冬の幼虫が多い場合、冬から春にかけて水をかぶることが多ければ当然翌年第1化期の発蛾数の減少を來す原因ともなるであろう。併し兎に角越冬期の環境抵抗は初夏に於ける寄生菌の活動を除けば大したものではなく、従つて第2化期に於ける大発生は大体そのまま翌年第1化期の発蛾まで持越されることになる。

これを要するに二化螟虫の棲息密度は1年を通じ第1化幼虫期に於て一番大きくチェックされると見るのが至当である。

6. 予察の理論 著者はここに螟虫の発生予察が理論的にどうであるべきかを考察して見ようと思う。

いうまでもなく、害虫の発生を予察するためには、発生時期とか発生量と発生に先立つ環境条件との因果関係を正確に知ることが必要である。それには少くとも二つの方法があると思われる。第1にこの因果関係を実験的に見きわめることであり、第2に長年に亘る資料を基にして統計的に環境条件（或は他の生物的現象）と発生の関係を調べ、この両者の合致した点に発生予察の理論的基礎を見出さなければならないのである。現状を見ると虫そのものの生理的研究が充分なされてないので、とかく環境条件だけを重視し勝になるが、著者が既に指摘したように虫の生理的経過に見られる自律的法則を無

視することは出来ないと思う。虫の生理が充分明かにされた時、始めて統計的結果が生きて來るのではあるまいか。

1) 発生時期の予察 螟虫の発生時期という一般には成虫の発蛾時期を意味することが多い。発蛾時期の早晚によつて實際稲作に害を及ぼす幼虫の発生時期が判るからこれで差障りないわけである。

さて第1化期発蛾時期の予察であるが、越冬期の幼虫は相当長期間に亘つて休眠状態にあるので、それは休眠の覚醒時期とか、覚醒期以降の環境条件といつたものに左右されることになる。休眠の覚醒が休眠中の温度即ち低温接触によつて促進されやしないかとの疑は当然起るが著者が倉敷産材料に就いて実験した範囲内ではそうした現象ははつきりしない。例えば0°Cに3~4ヶ月接触するような場合休眠の覚醒が促進されるということは考えられるが少くとも自然状態下で経験される環境温度の範囲内では冬季の低温が休眠覚醒に大きな影響を及ぼすということは考えられない。これは二化螟虫に限つたことではなく Kozhanchikov (1938) は既にアワノメイガの幼虫でこうしたことを認めている。

著者は越冬期幼虫が越冬期間を通じていかなる時期に最も強く比較的高い温度の影響を受けるかということを確認するため一連の実験を行つたが（深谷 1948d）その結果によると2~5月の高温（27°C）接触によつて羽化期が5~10日促進されるのを見た。この事実は幼虫が2月頃から環境温度に感應し始めることを意味するのであるが、實際問題として2月の気温は野外では未だ相当低いから幼虫が休眠を離脱し始めても環境温度によつてその生育が積極的に促進されるということではなく、問題となるのは矢張り3月以降の気温ということになる。即ち3月以降の気温と発蛾期との間には負の相関係がなければならないことになる。そこで1化期の発蛾期と3~6月の何れかの月の環境温度との関係を統計的に調べて見ると（石倉、1948）30府縣に亘る31ヶ所の誘蛾燈成績で-0.4以上の相関を示す場合が21ヶ所ある。地方的に見ると九州地方ではその間に殆ど相関が示されないが、他

の地方では相当高い相関を示す場合が多い。

環境温度も老熟幼虫の発育に深い関係を有するのであつて特に高温の条件下(90~100%)ではその羽化期が2週間位促進されるという成績もあるので(深谷, 1949d)、越冬期を通じての降水量の問題は無視出来ない。尙ここで一言して置き度いことは1化期の発蛾期即ち越冬幼虫の発育速度が更に言葉を換えていえばこの幼虫の外温に対する感應度が概して寒冷な地方に移るに従つて高くなつてゐることである。環境温度の低い地方のものは高い地方のものに比較して発育速度が早いということは全国的に見られる傾向ではあるが、又面白いことに、各地方に於ては春から夏にかけての気温の高い程羽化期は早められるのである。このような二化螟虫の発生期に見られる二つの重要な契機の一見相反する二面性は一つの生物学的法則として重視されねばならない。

次に第2化期の場合であるが、一般に2化期の発蛾期は第1化期のそれと無相関であるが、それは第1化期発蛾の消長がそのまま第2化期のそれに反映しないということである。いいかえればそれは第1化期の発蛾量が第2化期のそれと相関しないということとも関係があるのであつて、要するに第1化期の発蛾時期の早晚によつて1化期幼虫の歩止りが一様でないということに帰せられるであらう。

第1化期幼虫も老熟してから10日内外休眠的徴候を示すのが普通であるが、併し大体その生育速度の遅速は環境温度の高低に相應するから石倉氏(1948)も指摘されたように、6~8月各月の平均気温と2化期の発蛾最盛日の間に高い負の相関を示す場合が多いのである。

尙前にも述べたように若し環境の影響が子の代になつて顕現するとすれば、越冬期の接触温度の高低が第1化期幼虫の生育速度をある程度規制することになるが、或はこうしたことが統計的資料の吟味によつて判るかも知れない。

ii) 発生量の予察 1化期に於ては特に発蛾最盛日の遅速がその被害と非常に密接な関係を有することは周知の事実であるが、それは結局発蛾期の早晚によつて1化期幼虫の棲息密度が支配されることを意味するのである。

さて第1化期の発蛾量を問題とする場合、そ

れが前年2化期の量と相関するかどうかを考えて見なければならぬ。一般にいえば、この兩者間には相当高い正の相関が存在するようであるが(河田・福田, 1942; 野津・松島, 1943; 石倉, 1947)、その原因に就いては既に触れたからここでは省略する。尙1化期の発蛾量が初夏に發生する寄生菌によつて大きく支配されることに就いても既に述べたから再言しない。

地方によると越冬期の色々な環境条件と発蛾量との間に高い相関々係の示されることがあるが多くの場合その原因が不明であるから、それを予察に應用することはあまり好ましくない。

第1化期の発蛾量と第2化期発蛾量との間には殆ど相関々係が認められないのであるが、1化期後期と2化期との間には相当高い相関が存在する(石倉, 1947)。それは前にも述べたように1化期後期発蛾に由來する幼虫の歩止りが高いためではないかと思推されるのである。

又三島・桑原両氏(1944)によれば奈良縣農試に於ける第2化期発蛾量と7月中旬の平均最高気温との間には $r = -0.92$ の高相関々係が存在するという。このような関係は相当廣範囲に亘つて見られるようであるが、その原因に就いては大發生機構の処で触れて置いた。尙発蛾量と稲に於ける被害との関係に就いてはあまり調査がないが、1化期ではその末期の発蛾量との間に密接な関係があり、2化期では全発蛾量と実害との間に相関が認められる(石倉 1947)。

7. 結 語 著者は以上の実験考察を通して二化螟虫の完璧な發生予察が現在の段階では困難であるが而もその可能性の存在することを示唆したつもりである。從來提出された發生予察方式が一元的でないということは、螟虫の生理、生態に地域的特性が存在することを理解すれば一應納得がゆくのである。併し極めて近接した2地域で同じような生態的環境下にありながら螟虫の環境条件に対する反應度が異なるということは先づあり得ないのではないかと思う。

それから1化期、2化期を通じてその發生時期とか發生量は確かに直接環境条件と密接に結びついているが、螟虫の生理的経過とか、病理といつた面を考へに入れると、自らいかなる時期の環境条件が、その發生を左右する主因となるかが明かになるであらう。生理的に不活な

時期の環境はあまり考慮しなくてもよいことになる。尤もこの際環境の after effect ということは是非とも念頭に置く必要がある。従つて発生予察をする場合にはその代だけの環境要素の分析だけで満足せず更に遡つて一代前の環境と発生との関係を吟味することも望ましいのではあるまいか。

著者は二化螟虫に於ける発生予察上の無駄を極力避ける目的で特にその生理的方面の研究を進めているが、それ等の業績の中1948年までの分は最近北方出版社から出た「二化螟虫」に大体蒐録して置いた。

参 考 文 献

- Arbuthnot, K. D. (1944) Tech, Bull. 869: 1~20. Babcock, K. W. (1927) Ecology 8: 45~59. Bauurberger, G. P. (1917) Ann. Ent. Soc. Amer. 10: 179~186. Carpenter, J. R. (1940) Jour, Anim, Ecol. 9: 108~147. Cartwright, W. B. & La Hue, D. W. (1944) Jour. Econ, Ent. 37: 385~387. Cartwright, W. B. & Shands, R. G. (1944) U. S. Dept. Agric, Tech. Bull. 877: 6pp. Cartwright, W. B. & Nable, W. B. (1947) Jour. Agric, Res. 75: 147~153. Dobzhansky, P. H. (1933) Amer, Nat. 67: 97~126. 道家信道 (1936) 應動雑. 8: 87~93. Engelhardt, G. P. (1929) Bull, Brooklyn Ent, Soc, 21: 27~28. Fink, D. E. (1925) Biol, Bull. Mar, Biol, Lab. 49: 381~406. 深谷昌次 (1946) 松虫, 1: 51~60. 深谷昌次 (1947 a) 松虫, 2: 9~14. 深谷昌次 (1947 b) 農學研究, 37: 23~26. 深谷昌次 (1947 c) 生物界, 1: 233~240. 深谷昌次 (1947 d) 農學研究, 37: 97~99. 深谷昌次 (1948 a) 農學研究, 37: 121~123. 深谷昌次 (1948 b) 新昆虫, 1: 233~236. 深谷昌次 (1948 c) 農學研究, 38: 34~37. 深谷昌次 (1948 d) VIII Int. Cong, Ent, in Stockholm. 深谷昌次 (1949 a) 松虫, 3: 78~80. 深谷昌次・金子武 (1949 b) 農學研究, 38 (2): 57~58. 深谷昌次・金子武 (1949 c) 農學研究, 38 (3): 104~111. 深谷昌次 (1949 d) 二化螟虫 (北方出版社) Fukuda, S. (1941). Annot. Zool, Japan, 20: 9~13. Fukuda, S. (1944) Jour, Fac, Scien. Tokyo Imp. Univ. Sec, IV. 6: 477~532. Garsow, H. (1925) Arb. Biol. Aust. Forst. Landw. Berl, 12: 355~508. 春川忠吉 (1920) 農學會報, 213: 335~372. 春川忠吉 (1926) Ber, Ohara Inst. landwirt, Forsch, 3: 177~184. 春川忠吉・高戸龍一・熊代三郎 (1931 a) 農學研究, 17: 125~163. 春川忠吉・高戸龍一・熊代三郎 (1931 b) 春川忠吉 (1931) 農學研究, 17: 165~183. 春川忠吉 (1934) 農學研究, 23: 1~147. Hough, W. S. (1943) Virginia sta Tech, Bull, 91: 32pp. 石倉秀次・廣瀬徳吉 (1943) 農業氣象 1: 27~32. 石倉秀次 (1947) 病虫發予事業協議會資: 55 pp. (謄寫) 石倉秀次 (1948) 農業氣象の研究, 4: 37~106. 鈴木外岐雄他 6 氏 (1939) 農政資 140: 178pp. 河田黨・福田仁郎 (1941) 應動雑, 13: 158~159. 勝又藤夫 (1930) 長野縣蚕試報, 12: 1~85. 勝又要 (1931) 病虫雑, 18: 236~242. 木暮楨太 (1930) 長野縣蚕試報, 11: 152pp. 河野廣道 (1938) 應動雑, 10: 145~148. Kozhanchikov, I. V. (1938) Hb, zool, zh. 17: 246~259. Kulagin, N. (1921) Ent, Phytot, Sezda: 109~122. 栗林章平 (1929) 應動雑, 1: 174~181. 三島良三郎・桑林正芳 (1944) 應動雑, 15: 150~155. 三宅利雄 (1948) 廣島農試特報, 1: 1~5. 諸星静次郎 (1949) 蚕の發育機構 (明文堂) 室賀兵左衛門 (1940) 日本蚕雑, 11: 151~162. 室賀兵左衛門 (1943) 日本蚕雑, 14: 237~262. 野津六兵衛・松島省三 (1943) 農業及園藝, 18: 1072~1076, 1251~1262. 岡崎勝太郎 (1938) 應昆雑, 1: 11~18. Painter, R. H. (1930) Jour, Econ, Ent, 23: 322~326. Quayle, H. J. (1942) Jour, Econ, Ent. 35: 813~816. 櫻井基 (1920) 病虫雑, 7: 73~74. Simroth, H. (1908) Verh, deuts, Zool. Ges. 18: 140~153. Simroth, H. (1909) Zeits, Wiss, Insekt. Biol. 5: 63~65. 筒井喜代治 (1948) 農林省農試東海支場害虫部: 37pp. (謄寫) Vance, G. M. (1939) Jour. Econ, Ent. 32: 83~90. Velkel, H. (1930) Nachr. Bl, deuts, Pfl, Sch. Dienst 10: 44. 渡邊勘次 (1919) 蚕試報, 4: 87~106. 渡邊勘次 (1922) 蚕試集, 16: 15~42. 渡邊勘次 (1924) 蚕試報. 6: 411~455. 八木誠政 (1934) 農林省農試集. 2: 381~394. Zwölfer, W. (1931) Biol, zbl, 50: 724~759.